

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 7月26日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-218613

[ST.10/C]:

[JP2002-218613]

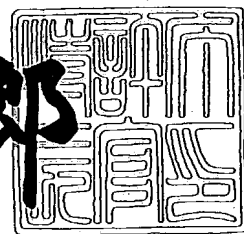
出 願 人
Applicant(s):

株式会社デンソー

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3039808

【書類名】 特許願

【整理番号】 PSN311

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01P 15/125
H01L 29/84

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

【氏名】 五藤 敬介

【特許出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100106149

【弁理士】

【氏名又は名称】 矢作 和行

【電話番号】 052-220-1100

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010331

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 容量式力学量センサ、その製造方法、及び容量式力学量センサを有する検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に支持され、検出対象となる力学量の印加に応じて変位する錘部及び当該錘部に一体成形された少なくとも 1 本の可動電極と、前記半導体基板に支持され、前記可動電極と対向しつつ当該可動電極との間で所定の狭い間隔である狭小部と、所定の広い間隔である広域部を形成する少なくとも 2 本の固定電極とを備え、

前記可動電極が変位した際に、前記狭小部の間隔と前記広域部の間隔とが互いに相反するように変化し、その結果、前記可動電極と前記固定電極との間に生じる静電容量の変化から、印加された前記力学量を検出する容量式力学量センサであって、

前記広域部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の少なくとも一方の対向面における電極面積を、前記狭小部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の対向面の電極面積よりも小さくしたことを特徴とする容量式力学量センサ。

【請求項 2】 前記広域部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の少なくとも一方の対向面の電極高さを、前記狭小部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の対向面の電極高さよりも低くしたことを特徴とする請求項 1 に記載の容量式力学量センサ。

【請求項 3】 前記可動電極は、前記錘部の両側面から当該錘部と直交する方向へ一体的に突出し、第 1 検出部として一方の側面から突出した前記可動電極と当該可動電極に対向する前記固定電極を備え、第 2 検出部として他方の側面から突出した前記可動電極と当該可動電極に対向する前記固定電極を備える容量式力学量センサであって、

前記第 1, 2 検出部は、同数の狭小部と広域部を有し、前記力学量の印加に伴う前記可動電極の変位に対して、前記第 1 検出部の狭小部の間隔及び広域部の間隔と、前記第 2 検出部の狭小部の間隔及び広域部の間隔とは、互いに相反して変化するように前記第 1, 2 検出部の各電極が形成されることを特徴とする請求項

1 又は請求項 2 に記載の容量式力学量センサ。

【請求項 4】 前記請求項 3 に記載の容量式力学量センサを有する検出装置であって、

前記力学量の印加に伴い、前記第 1 検出部及び前記第 2 検出部の各静電容量が変化した際、その静電容量の差に応じた検出信号を出力する検出回路を備えることを特徴とする容量式力学量センサを有する検出装置。

【請求項 5】 半導体基板に支持され、検出対象となる力学量の印加に応じて変位する錘部及び当該錘部に一体成形された少なくとも 1 本の可動電極と、前記半導体基板に支持され、前記可動電極と対向しつつ所定の狭い間隙の狭小部と、所定の広い間隙の広域部を形成する少なくとも 2 本の固定電極とを備え、

前記可動電極が変位した際に、前記狭小部の間隔と前記広域部の間隔とが互いに相反するように変化し、その結果、前記可動電極と前記固定電極との間に生じる静電容量の変化から、印加された前記力学量を検出する容量式力学量センサの製造方法であって、

前記半導体基板上に前記可動電極及び前記固定電極が形成される工程を備え、当該形成工程において、前記広域部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の少なくとも一方の対向面の電極面積を、前記狭小部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の対向面の電極面積よりも小さく形成することを特徴とする容量式力学量センサの製造方法。

【請求項 6】 前記広域部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の少なくとも一方の対向面の電極高さが、前記狭小部を形成する前記可動電極及び前記固定電極の対向面の電極高さよりも低く形成されることを特徴とする請求項 5 に記載の容量式力学量センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は容量式の力学量センサ、その製造方法、及び容量式力学量センサを有する検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の容量式力学量センサとして、例えば図7（a）に示すような容量式半導体加速度センサがある。この加速度センサは、半導体基板1に固定されたアンカ部13に弾性を有する梁部12を介して錘部11が支持されており、錘部11と一体形成された櫛歯状の可動電極10a、10bを備えた構造を有している。そして、この可動電極10a、10bに対向した櫛歯状の固定電極15a、15bが半導体基板1上に絶縁層3を介して固定電極配線部16a、16bに片持ち支持されている。

【0003】

加速度の検出に際しては、可動電極用パッド14及び固定電極用パッド17a、17bに所定の電圧を印加することにより、対となる可動電極10aと固定電極15a、及び可動電極10bと固定電極15b間に夫々静電容量CS1、CS2を生じさせる。ここで、図7（b）に示すように、加速度が印加されていない状態における各電極間の間隔について、狭小部の長さをd1、広域部の長さをd2とすると、各静電容量は次式で示される。

【0004】

$$【数1】 CS1 = CS2 = \varepsilon \times n \times l \times h1 (1/d1 + 1/d2)$$

ここで、 ε は誘電率、nは可動電極本数、lは有効電極長（可動電極と固定電極の対向する部分の長さ）、h1は電極の高さ（可動電極と固定電極の対向する部分の高さ）であり、各電極の有効電極長lと電極高さh1は一定とする。尚、図7（b）、（c）は共に図7（a）のA-A断面におけるセンサ部5の断面図を示す。

【0005】

そして、このセンサに加速度が印加されると梁部12が撓み、対向する両電極間の距離が変化する。それに伴い、上記静電容量CS1、CS2も変化するため、この時の静電容量の差 ΔC （ $\Delta C = CS1 - CS2$ ）を検知することにより加速度を求めることができる。

【0006】

図7（c）に矢印で示す方向に加速度が印加され、可動電極10a、10bが

矢印方向に Δd 変位したとすると、数式1よりA-A断面の狭小部はより狭く、広域部はより広くなり、全体としてCS1の値が大きくなる。又図示されないB-B断面においては、狭小部が広く、広域部が狭くなり、全体としてCS2の値は減少する。従って静電容量の差 ΔC は大きくなる。尚、この場合広域部の間隔 d_2 は、狭小部の間隔 d_1 に対して十分に広いものである。

【0007】

ここで、数式1に Δd を導入することにより、静電容量の差 ΔC は次式で表す事ができる。

【0008】

$$【数2】 \Delta C = \varepsilon \times n \times l \times h_1 \times 2 \Delta d (1/d_1^2 - 1/d_2^2)$$

但し、数式2において $\Delta d^2 = 0$ として扱われる。尚、図7(a)と図7(c)の加速度の印加方向(矢印)は対応しており、数式2では図示されないB-B断面についてもA-A断面同様考慮されている。

【0009】

センサ感度を向上させるためには、少しの加速度で大きな静電容量の変化が得られれば良く、すなわち、数式2における ΔC を大きくすれば良い。そのためには、間隔の広い広域部の長さ d_2 を狭い狭小部の長さ d_1 に対して十分に広くすることで、 ΔC を増大させることができ、センサの感度を向上できることが数式2からもわかる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、実際のセンサ構造として、可動電極10a, 10bと固定電極15a, 15bが構成する間隔の内、広域部における電極間距離 d_2 を十分に広く取ろうとしても、製品として使用する際のチップサイズの制約から、十分に広くとれないため、電極間距離の調整ではセンサ感度の向上を図ることが困難であった。

【0011】

本発明は上記問題点に鑑み、従来よりもセンサ感度を向上した容量式力学量センサ、その製造方法、及び容量式力学量センサを有する検出装置を提供すること

を目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する為に、請求項 1 に記載の容量式力学量センサは、半導体基板に支持され、検出対象となる力学量の印加に応じて変位する錘部及び当該錘部に一体成形された少なくとも 1 本の可動電極と、半導体基板に支持され、可動電極と対向しつつ当該可動電極との間で一方は所定の狭い間隔である狭小部を、他方は所定の広い間隔である広域部を形成する少なくとも 2 本の固定電極とを備え、可動電極の変位に伴って、狭小部の間隔と広域部の間隔とが互いに相反するように変化し、その結果可動電極と固定電極との間に生じる静電容量の差から、印加された力学量を検出するものである。そして広域部を形成する可動電極と固定電極の少なくとも一方の対向面の電極面積を、狭小部を形成する可動電極及び固定電極の対向面の電極面積よりも小さくしたことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

このように、可動電極と当該可動電極に対向する 2 本の固定電極の間隔の内、間隔が広い広域部を構成している可動電極と固定電極の両電極面において、少なくとも一方の電極の対向面の電極面積を狭小部を形成する両電極の対向面の電極面積よりも小さくする。それにより、広域部を形成している可動電極及び固定電極の電極間の静電容量をより小さくすることができる。従って、広域部の静電容量が減少する為、力学量が印加された際の静電容量差を大きくすることができ、センサ感度を向上することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 2 に記載のように、広域部を形成する可動電極及び固定電極の少なくとも一方の対向面の電極高さを、狭小部を形成する可動電極及び固定電極の対向面の電極高さよりも低くすることが好ましい。このように、広域部を形成する可動電極及び固定電極の少なくとも一方の対向面の電極面積を、その対向面の電極高さを低くすることにより減少させる場合、可動電極及び固定電極の有効電極長全体に渡って、電極面積の減少効果を発揮させることができるので、静電容量の減少に対して効果が大きい。尚、静電容量の一層の低減を図るためには、可動電極

及び固定電極の両電極の電極高さを低くすることが好ましい。

【0015】

請求項3に記載の容量式力学量センサは、可動電極は錘部の両側面から当該錘部に直交する方向へ一体的に突出し、第1検出部として一方の側面から突出した可動電極と当該可動電極に対向する固定電極とを備え、第2検出部として他方の側面から突出した可動電極と当該可動電極に対向する固定電極とを備える容量式力学量センサであって、第1、2検出部は同数の狭小部と広域部を有し、力学量の印加に伴う可動電極の変位に対して、第1検出部の狭小部の間隔及び広域部の間隔と、第2検出部の狭小部の間隔と広域部の間隔とが互いに相反して変化するように、第1、2検出部の各電極が形成されることを特徴とする。

【0016】

このように、錘部の両側面から突出する可動電極に対して、夫々固定電極が対向形成されおり、第1、2検出部には狭小部と広域部が同数形成されている。従って、力学量が印加していない状態では、第1検出部の静電容量と第2検出部の静電容量が等しく、静電容量の差は0となる。

【0017】

しかしながら、可動電極の変位に対して、第1検出部と第2検出部とでは、狭小部の間隔及び広域部の間隔が互いに相反して変化する。すなわち、力学量が印加されると、一方の検出部では狭小部の間隔が狭く、広域部の間隔が広くなり、他方の検出部では狭小部の間隔が広く、広域部の間隔が狭くなる。このとき、夫々の検出部にて、広域部を形成する可動電極及び固定電極の少なくとも一方の対向面の電極面積を狭小部を形成する可動電極及び固定電極の対向面の電極面積より小さくしているので、夫々の検出部において、大小異なる方向に変化する静電容量の変化を大きくすることができる。このため、請求項4に記載する検出回路によって、第1及び第2検出部の静電容量の差に応じた検出信号を得ることにより、力学量の検出感度を一層向上することができる。

【0018】

請求項5、及び請求項6に記載した容量式力学量センサの製造方法は、請求項1、及び請求項2に記載の容量式力学量センサを製造するためのもので、その作

用効果は、請求項 1、及び請求項 2 に記載した発明と同様であり、その説明を省略する。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。本実施の形態は容量式力学量センサにおいて、センサ感度の向上を図ることを目的としたものである。

（第 1 の実施の形態）

図 1（a）は、容量式力学量センサとしての半導体加速度センサの一例を示す平面図であり、図 1（b）は本実施の形態の特徴を示す図 1（a）の A-A 断面の断面図を示す。

【 0 0 2 0 】

半導体加速度センサは、図 1（b）に示すように例えば単結晶シリコンからなる第 1 半導体層 1 と第 2 半導体層 2 との間に、犠牲層としての例えば酸化シリコンからなる絶縁層 3 が形成されてなる SOI（Silicon On Insulator）基板 4 に対して、半導体製造技術を利用した周知のマイクロマシニング技術により、センサ部 5 を形成することにより構成される。尚、本発明における半導体基板とは第 1 半導体層 1 を意味する。

【 0 0 2 1 】

センサ部 5 は、第 2 半導体層 2 から形成された可動部 6 と一对の固定部 7、8、及びこれらを取り囲む周囲部 9 から構成されており、可動部 6、固定部 7、8、及び周囲部 9 の間には所定の間隙が設けられ、相互に絶縁されている。

【 0 0 2 2 】

可動部 6 は、可動電極 10 a、10 b、錘部 11、梁部 12、アンカ 13、可動電極用パッド 14 から構成され、加速度が作用する質量部としての錘部 11 の両端に、四角棒形状の梁部 12 を介して絶縁層 3 と接続するアンカ 13 に連結した構造となっている。可動電極 10 a、10 b は、錘部 11 の両側面から錘部 11 の長手方向と直交するように突出して一体形成され、例えば図 1（a）で示すように夫々の側面に 4 個ずつ設けられる。この可動電極 10 a、10 b、錘部 11、梁部 12 の直下は、第 2 半導体層 2 の表面側から例えば選択的プラズマエッチン

グにより絶縁層 3 表面の第 2 半導体層 2 がエッチングされ中空部が存在する。また錘部 1 1 に連結した梁部 1 2 は、その長手方向と直交する方向に変位するばね機能を有しているため半導体加速度センサが図 1 中の矢印方向の成分を含む加速度を受けると、錘部 1 1 及び可動電極 1 0 a, 1 0 b を矢印方向に変位させると共に、加速度の消失により元の位置に戻すことができる。

【0023】

また、可動部 6 における一方のアンカ 1 3 の所定の位置に、後述する C-V 変換回路に接続される可動電極用パッド 1 4 が連結形成されている。

【0024】

固定部 7 は、固定電極 1 5 a, 1 5 b、固定電極配線部 1 6 a, 1 6 b 及び固定電極用パッド 1 7 a、1 7 b をその表面に形成したアンカ部 1 8 a, 1 8 b からなる。固定電極配線部 1 6 a, 1 6 b は錘部 1 1 と平行に配置される。この固定電極配線部 1 6 a, 1 6 b から延びる固定電極 1 5 a, 1 5 b は、錘部 1 1 の両側面から突出する可動電極 1 0 a, 1 0 b に対して、夫々所定の検出間隔を有し平行した状態で対向配置される。また、固定電極配線部 1 6 a, 1 6 b 及びアンカ部 1 8 a, 1 8 b は、絶縁層 3 を介して半導体基板 1 上に固定され、固定電極 1 5 a, 1 5 b は片持ち支持されている。尚、本実施の形態では、図 1 (a) で示すように可動電極 1 0 a, 1 0 b と同数の片側 4 本ずつの固定電極 1 5 a, 1 5 b が設けられており、可動電極 1 0 a と固定電極 1 5 a により構成される部位を第 1 検出部 1 9、可動電極 1 0 b と固定電極 1 5 b とにより構成される部位を第 2 検出部 2 0 とする。

【0025】

この際、加速度が印加されていない状態で、第 1 検出部 1 9 を構成する両電極 1 0 a, 1 5 a は、その電極間の間隔が短い距離 d 1 の狭小部と長い距離 d 2 の広域部とが交互になるように構成されている。また、同様に第 2 検出部 2 0 を構成する両電極 1 0 b, 1 5 b も、その電極間の間隔が第 1 検出部 1 9 と同様に短い距離 d 1 の狭小部と長い距離 d 2 の広域部とが交互になるように構成されている。そして、図 1 (a) に示すように、第 1, 2 検出部では可動電極 1 0 a, 1 0 b に対向する固定電極 1 5 a, 1 5 b の配置が異なり、錘部 1 1 に対して同じ

箇所から両側面に突出している可動電極 1 0 a, 1 0 b を中心線とすると、その両可動電極 1 0 a, 1 0 b に対向する固定電極 1 5 a, 1 5 b は中心線を挟んで線対称の位置に形成される。従って、矢印の方向に加速度が印加されると、第 1 検出部 1 9 の両電極 1 0 a, 1 5 a 間の間隙については、狭小部の d 1 が減少を、広域部の d 2 が増加を示し、第 2 検出部 2 0 の両電極 1 0 b, 1 5 b 間の間隙については、狭小部の d 1 が増加を、広域部の d 2 が減少を示すこととなる。

【 0 0 2 6 】

また、固定電極配線部 1 6 a, 1 6 b の所定の位置には、後述する C - V 変換回路に接続される固定電極用パッド 1 7 a, 1 7 b が形成されている。

【 0 0 2 7 】

上記のように構成された半導体加速度センサにおいて、可動部 6 が検出方向である矢印方向の加速度を受けると、錘部 1 1 が矢印方向に変位し、それに伴って可動電極 1 0 a, 1 0 b も変位するため、可動電極 1 0 a, 1 0 b とそれに対向配置された固定電極 1 5 a, 1 5 b との間の間隔が増減することとなる。

【 0 0 2 8 】

ここで、上記構成の半導体加速度センサの製造方法の概略を図 2 (a) ~ (c) を用いて説明する。尚、図 2 (a) ~ (c) は図 1 (a) の A - A 断面における工程別断面図である。

【 0 0 2 9 】

先ず、基板として図 2 (a) に示される S O I 基板 4 が準備される。この S O I 基板 4 は、単結晶シリコンからなる第 1 半導体層 1 を半導体基板として、その上に絶縁層 3 であるシリコン酸化膜を介して第 2 半導体層として単結晶シリコン薄膜を設けた構造となっている。

【 0 0 3 0 】

そして、図示されない各電極用パッド 1 4, 1 7 a, 1 7 b を第 2 半導体基板 2 上に形成する。例えば、第 2 半導体層 2 上の全面に所定の導電性の良い金属を所定の膜厚となるよう蒸着し、その後フォトリソグラフィ及びエッチング技術を用いて所定の形状にパターニングすることにより、各電極用パッド 1 4, 1 7 a, 1 7 b を形成する。金属としては、例えば C u, A l, A u, A g 等が用いら

れる。

【0031】

次いで、図2(b)に示されるように、各電極10a, 15a等を形成するためのマスク21を形成する。すなわち第2半導体層2上の所定の範囲に、両電極間の間隔等必要な部分が開口したマスク21をフォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて形成する。マスク21としては、例えばシリコン窒化膜、シリコン酸化膜、メタルマスク、及びレジスト等が用いられる。

【0032】

マスク21形成後、図2(c)に示すように、マスク21の開口部分が例えばプラズマエッチングにより選択的にエッチングされ、絶縁層3の表面まで第2半導体層2が除去され、各電極10a, 15a下の第2半導体層2も除去されるとともに併せて広域部を形成している両電極10a, 15aの対向面の電極面積も小さくなるように加工される。従って、可動部6の可動電極10a, 10b、錘部11、梁部12が可動可能となる。

【0033】

そして、最後にマスク21の除去がなされ、ダイシングにより1つのセンサチップ毎に切り分けられ、半導体加速度センサのセンサチップが完成する。尚、本例ではA-A断面の例を示したが、B-B断面も同様な工程により各部位が形成される。

【0034】

次に、本実施の形態における半導体加速度センサの検出回路の一例を図3に示す。本センサ1における回路手段は、C-V変換回路（スイッチドキャパシタ回路）22を有し、当該C-V変換回路22は、第1検出部19を構成する両電極10a, 15aからなる静電容量CS1と、第2検出部20を構成する両電極10b, 15bからなる静電容量CS2との両静電容量の変化を電圧に変換して出力するもので、演算増幅器23、コンデンサ24、及びスイッチ25から構成されている。

【0035】

演算増幅器23の反転入力端子は、可動電極用パッド14を介して可動電極1

0 a, 10 bに接続されており、反転入力端子と出力端子と間には、コンデンサ24及びスイッチ25が並列に接続されている。また、演算増幅器23の非反転入力端子には、図示しない電圧源から $V_{cc}/2$ の電圧が入力されている。

【0036】

また、回路手段は図示しない制御回路を有しており、この制御回路は一方の固定電極パッド17 aから一定振幅 V_{cc} で周期的に変化する第1搬送波を第1検出部19の固定電極15 aに入力し、他方の固定電極パッド17 bから、第1搬送波と位相が 180° ずれ且つ同一振幅 V_{cc} である第2搬送波を第2検出部20の固定電極17 bに入力する。

【0037】

従って、加速度が印加されていない場合には、第1, 2検出部19, 20の夫々の電位差は、共に $V_{cc}/2$ となり、第1検出部19の静電容量 $CS1$ と第2検出部20の静電容量 $CS2$ とが略等しくなる。また、 $C-V$ 変換回路22において、スイッチ25は第1, 2搬送波の周期に併せて所定の周期をもって開閉がなされ、スイッチ25が開の時、加速度検出が行われる。この際、 $C-V$ 変換回路22からの出力電圧 V_{out} は次式で示される。

【0038】

$$\text{【数3】 } V_{out} = (CS1 - CS2) \times V_{cc} / C_f$$

尚、 C_f はコンデンサ24の静電容量である。

【0039】

加速度が印加されると、第1, 2検出部19, 20の静電容量 $CS1$, $CS2$ のバランスが変化し、数式3の静電容量の差 $(CS1 - CS2)$ に応じた電圧 V_{out} が出力される。そして、この出力 V_{out} は、図示されない増幅回路やローパスフィルタ等により信号処理され、加速度検出信号として検出される。尚、演算増幅器23の非反転入力端子には、図示しない電圧源から $V_{cc}/2$ の電圧が入力されているが、 $V_{cc}/2$ とは異なる電圧 V_1 を設け、図示されないスイッチにより、第1, 2搬送波の周期に応じた所定のタイミングで V_1 に切り替えることにより、可動電極10 a, 10 bを強制的に変位させる自己診断機能を持たせても良い。

【0040】

次に、上記構成に基づき、本実施の形態のセンサ部5の詳細を、従来例を示した図7(b)、(c)と共に、図4(a)、(b)及び図5(a)、(b)を用いて説明する。尚、図7(b)は従来構造のセンサにおいて図7(a)におけるA-A断面図を示したものであり、図7(c)は図7(b)に加速度が印加された状態を示す図である。図4(a)は図1(a)におけるA-A断面の断面図を示し、図4(b)は図4(a)において加速度が印加された状態を示す図である。図5(a)は図1(a)におけるB-B断面の断面図を示し、図5(b)は図5(a)において加速度が印加された状態を示す図である。また、従来例のセンサ構造は、便宜上、一部電極厚を除いて本実施例と同じとする。

【0041】

従来、図7(b)に示すように半導体加速度センサのA-A断面すなわち第1検出部19は、可動電極10aと固定部7の固定電極15aにより構成されており、可動電極10aと固定電極15aの電極間は、間隔の狭い狭小部d1と間隔の広い広域部d2とが交互になるように形成されている。尚、図示されないが、B-B断面すなわち第2検出部20も第1検出部19同様、可動電極10bと固定電極15bの電極間は、間隔の狭い狭小部d1と間隔の広い広域部d2とが交互になるように形成されている。

【0042】

ここで、全ての電極における電極高さ（可動電極と固定電極の対向面の高さ）をh1で一定とすると、第1検出部19を構成する両電極10a、15a間に生じる静電容量CS1、及び第2検出部20を構成する両電極10b、15b間に生じる静電容量CS2は、次式により示される。

【0043】

$$【数4】 CS1 = CS2 = \varepsilon \times n \times l \times h1 (1/d1 + 1/d2)$$

但し、 ε は誘電率、nは各断面における可動電極本数、lは有効電極長（可動電極と固定電極の対向する部分の長さ）である。加速度の印加が無い場合、静電容量の差 ΔC は0である。

【0044】

次に、図7（b）に示されるように矢印方向に加速度が印加され、それに伴い第1検出部19の可動電極10aが Δd 変位したとすると、狭小部の間隔が $d_1 - \Delta d$ 、広域部の間隔が $d_2 + \Delta d$ となる。このとき図示されない第2検出部20においても同様に可動電極10bが Δd 変位し、狭小部の間隔が $d_1 + \Delta d$ 、広域部の間隔が $d_2 - \Delta d$ となる。そして、第1、2検出部での各間隙の変化に対応して数式4で示される静電容量 CS_1 、 CS_2 も変化する。この時の静電容量の差 ΔC （ $\Delta C = CS_1 - CS_2$ ）を検知することにより加速度を求めることができる。 ΔC は次式で表される。

【0045】

$$\text{【数5】 } \Delta C = \varepsilon \times n \times l \times h_1 \times 2 \Delta d \left(1/d_1^2 - 1/d_2^2 \right)$$

但し、数式2において $\Delta d^2 = 0$ として扱われる。

【0046】

従って、従来構造の半導体加速度センサにおいて、センサ感度の向上、すなわち ΔC を極力大きくするためには、数式5におけるカッコ内の値を大きくすれば良く、そのためには、広域部の間隔 d_2 が狭小部の間隔 d_1 に対して十分に長く取れば良い。しかし、チップサイズの制約より、十分な間隔をとって半導体加速度センサを製造することは困難である。

【0047】

ここで、対向する可動電極10a、10bと固定電極15a、15bが形成するコンデンサの容量は、両電極の対向面の間隔に反比例し電極面積に比例する。従って、広域部の間隔 d_2 を変えることなく、各検出部19、20の静電容量の変化を大きくするためには、静電容量の大きい狭小部に対して静電容量の小さい広域部の電極面積を小さくしてやれば良い。電極面積は、数式4における有効電極長 l と電極高さ h_1 を掛け合わせたものであるから、有効電極長 l を固定値とした場合、広域部の電極高さ h_1 を小さくすることにより、静電容量の変化を大きくすることができる。そして、第1検出部19と第2検出部20とにおいて、可動部6の変位に対する静電容量の変化を大きくしつつ、C-V変換回路22にてそれらの大小異なる方向に変化する静電容量の差に応じた信号を得ることにより、センサ感度を向上することができる。

【0048】

このように、本実施の形態では、上記数式4における電極面積を構成する要素、すなわち電極高さ h_1 を広域部と狭小部とで変化させることにより、センサ感度を向上させる。

【0049】

ここで、本実施の形態の半導体加速度センサ1のA-A断面の断面図を図4(a)に、その加速度印加時の状態を図4(b)に示し、B-B断面の断面図を図5(a)に、その加速度印加時の断面図を図5(b)に示した。

【0050】

図4(a)及び図5(a)に示すように、第1検出部19の両電極10a, 15a及び第2検出部20の両電極10b, 15b間の間隔が d_2 と広い広域部において、当該広域部を構成する各電極10a, 10b, 15a, 15bの電極高さを h_2 とすると、第1, 2検出部19, 20において生じる静電容量 CS_1 , CS_2 は次式で示される。

【0051】

$$【数6】 CS_1 = CS_2 = \varepsilon \times n \times l (h_1 / d_1 + h_2 / d_2)$$

尚、本実施の形態において広域部を構成する両電極の電極高さを h_2 に変更する例を示したが、本発明はこの限りではなく、少なくとも一方の電極の電極高さが h_2 に変更されれば良い。

【0052】

そして、図4(b)に示す矢印の方向に加速度が印加されると、第1検出部19において、可動電極10aが固定電極15a側へ所定量 Δd 変位し、狭小部の間隔は $d_1 - \Delta d$ に、広域部の間隔は $d_2 + \Delta d$ に変化する。同様に、図5(b)に示される第2検出部20においても、第1検出部19と同様の加速度が印加され、可動電極10bが固定電極15bに対して離反するように Δd 変位し、狭小部の間隔が $d_1 + \Delta d$ に、広域部の間隔が $d_2 - \Delta d$ に変化する。

【0053】

上記可動電極10a, 10bの変位により、第1, 2検出部19, 20において生じる静電容量 CS_1 , CS_2 も変化するため、両検出部19, 20における

静電容量の差 ΔC ($= C_{S1} - C_{S2}$) は次式で示される。

【0054】

【数7】 $\Delta C = \varepsilon \times n \times l \times 2 \Delta d (h_1 / d_1^2 - h_2 / d_2^2)$

従って、従来の電極構造を有する半導体加速度センサよりもセンサ感度を向上させるためには、数式5と数式7の比較より、

【0055】

【数8】 $h_1 > h_2$

の関係を満たすように各電極10a, 10b, 15a, 15bの電極高さを加工してやれば良い。尚、加工方法としては、例えば、プラズマエッチング等による可動電極形成時（トレンチ加工時）に、同時に加工されるものとする。

【0056】

また、ここで数式5に示される従来の電極構造を有する半導体加速度センサの静電容量差 ΔC を ΔC_0 とし、数式7に示される本発明の静電容量差 ΔC と比較すると、容量変化率 $\Delta C / \Delta C_0$ は次式により表される。

【0057】

【数9】 $\Delta C / \Delta C_0 = (X - h_2 / h_1) / (X - 1)$

尚、 $X = d_2^2 / d_1^2$ である。

【0058】

数式9における $\Delta C / \Delta C_0 = Y$ としてグラフ化したものを図6に示す。図6は、数式9における h_2 / h_1 の値を変化させたときの X と容量変化率 $\Delta C / \Delta C_0$ の関係を示したものであり、○が0.25、△が0.5、◇が0.75、実線のみが1.0の場合を示す。 $h_2 / h_1 = 1.0$ の場合、従来構造を示し $\Delta C / \Delta C_0 = 1.0$ を示すが、図6に示すように広域部を構成する電極高さ h_2 を狭小部の電極高さ h_1 より小さくすることにより、容量変化率 $\Delta C / \Delta C_0$ が大きくなり、従来構造の半導体加速度センサよりもセンサ感度が向上することが解かる。

【0059】

以上より、本実施の形態における半導体加速度センサ1は、両電極間の間隔の広い広域部を構成する可動電極10a, 10bと固定電極15a, 15bの電極

高さ h_2 を、狭小部を構成する両電極の電極高さ h_1 より小さくする。それにより、従来よりも静電容量の差 ΔC が大きくなるため、センサ感度を向上させることができる。

【0060】

尚、本実施の形態においては、広域部を構成する可動電極及び固定電極面の電極高さを小さくすることにより、センサ感度を従来よりも向上させる例を示したが、それ以外にも、広域部を構成する可動電極及び固定電極の有効電極長（両電極の対向する部分の電極長）を短くすることにより、センサ感度を向上させても良い。また、上記電極高さの変更と有効電極長の変更を同時に実施しても良い。

【0061】

また、本実施の形態においては、複数の広域部全てにおいて、当該広域部を構成する電極の電極高さを h_2 に変更する例を示したが、少なくとも1箇所の広域部において電極高さを h_2 に変更すれば良い。

【0062】

また、本実施の形態では第2半導体層側の表面からエッチングする構造を図1にて示したが、第1半導体層の裏面（非絶縁層側）からエッチングし、可動電極等のダイヤフラムを形成するタイプにおいても本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) は容量式半導体加速度センサの平面図を示し、(b) は本発明における (a) の A-A 断面の断面図を示す。

【図2】 (a) ～ (c) は本発明の製造工程を示す工程別断面図である。

【図3】 本発明の半導体加速度センサの等価回路例を示す図である。

【図4】 図1 (a) における A-A 断面の断面図を示し、(a) は加速度の非印加状態、(b) は加速度印加状態を示す。

【図5】 図1 (a) における B-B 断面の断面図を示し、(a) は加速度の非印加状態、(b) は加速度印加状態を示す。

【図6】 従来構造と本発明の半導体加速度センサの静電容量変化を示した図である。

【図7】 (a) は従来構造の半導体加速度センサのセンサ部平面図を示し、

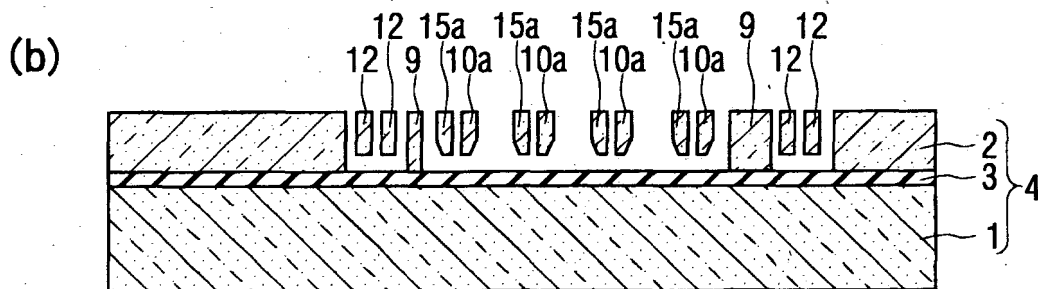
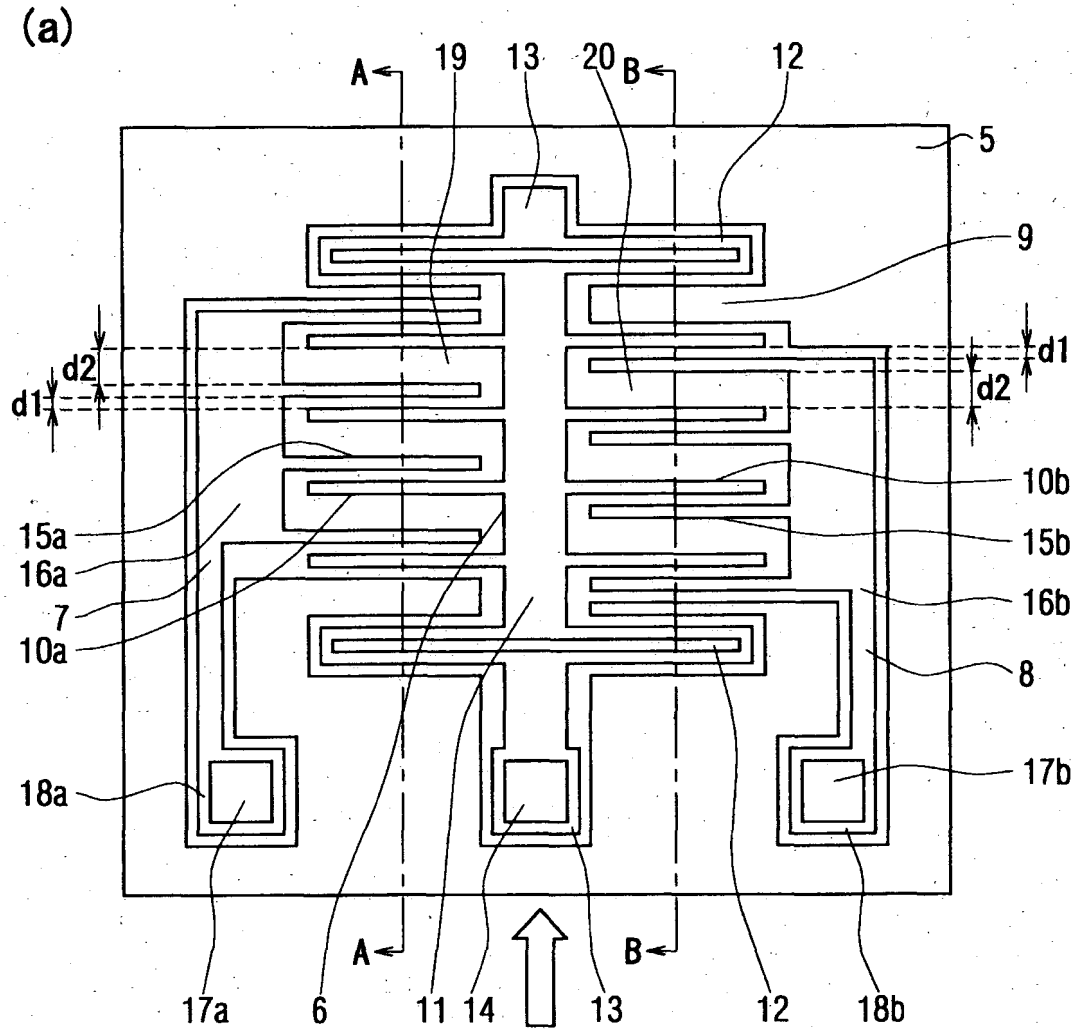
(b) は (a) の A - A 断面の断面図で加速度の非印加状態、(c) は (a) の A - A 断面の断面図で加速度印加状態を示す。

【符号の説明】

6...可動部、7, 8...固定部、10 a, 10 b...可動電極、15 a, 15 b...
固定電極、19...第1検出部、20...第2検出部、22...C - V変換回路、

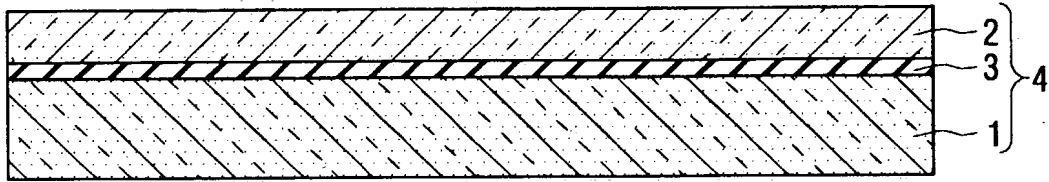
【書類名】 図面

【図 1】

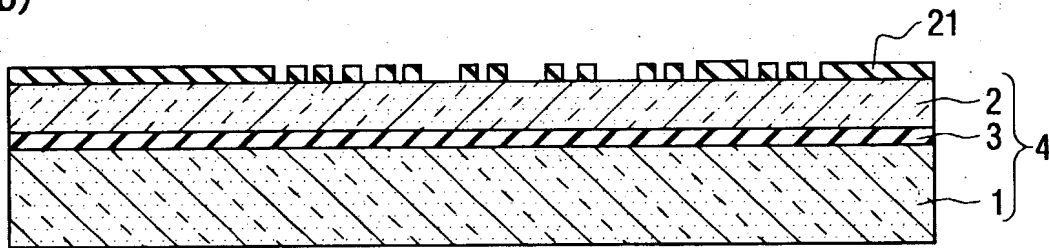


【図 2】

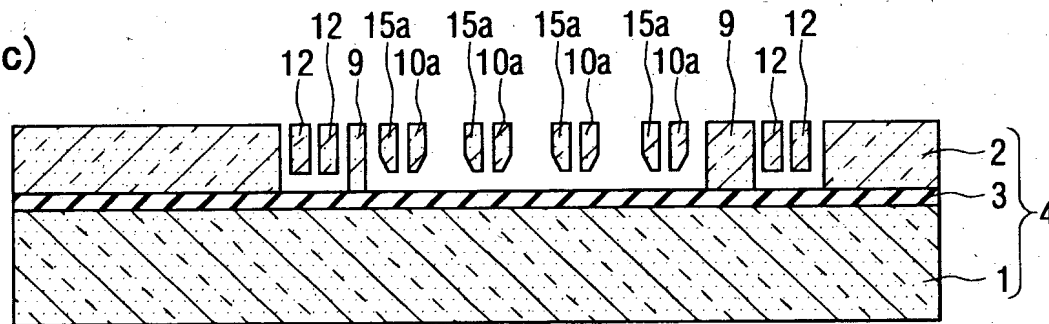
(a)



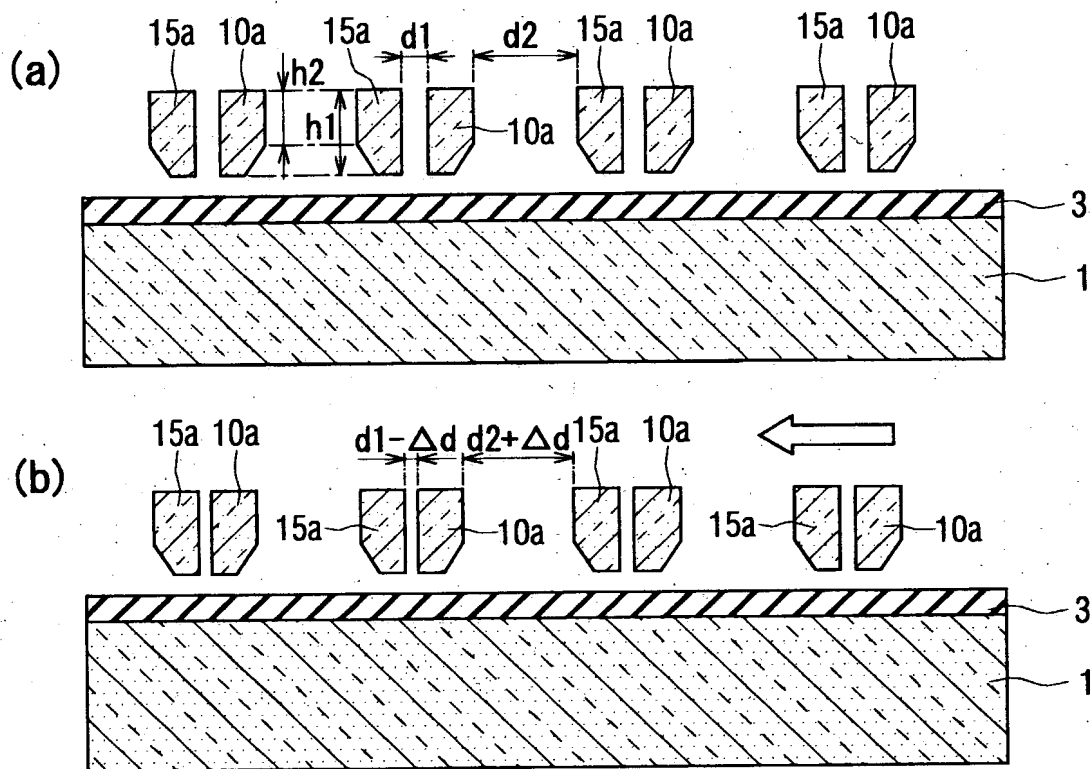
(b)



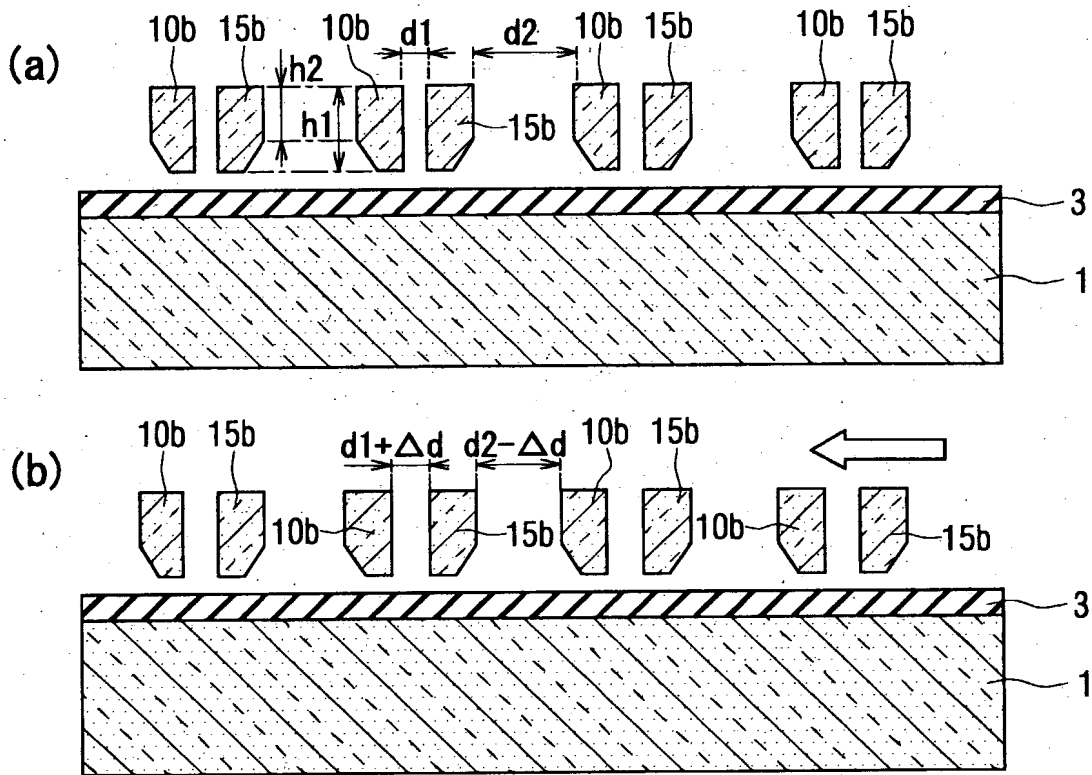
(c)



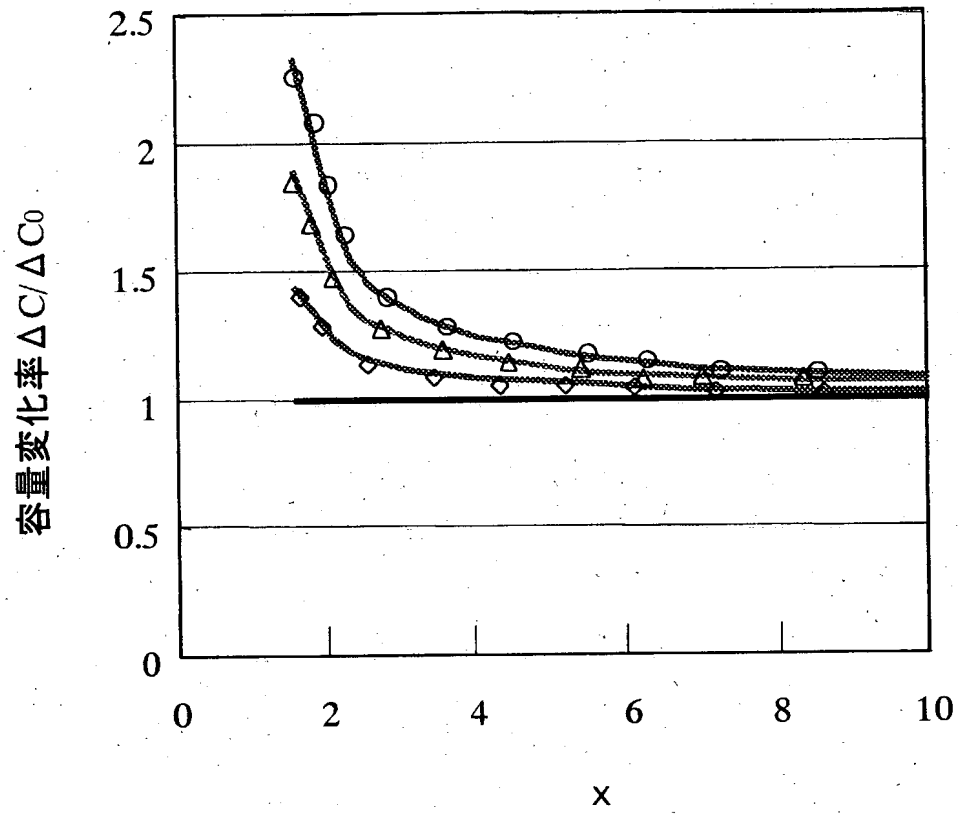
【図 4】



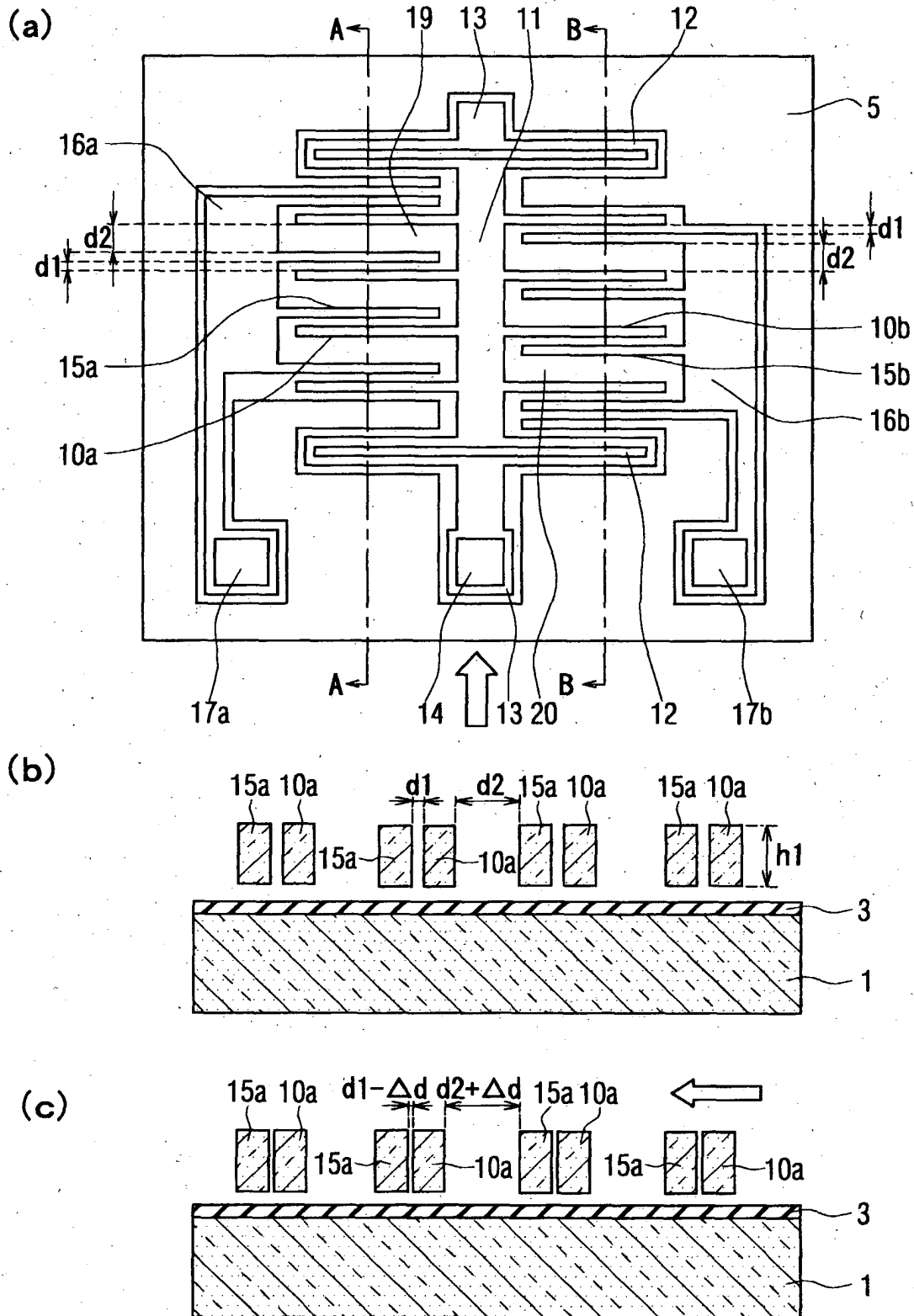
【図 5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりもセンサ感度を向上した容量式力学量センサを提供すること

【解決手段】 半導体基板 1 に支持され、検出対象となる力学量の印加に応じて変位する可動電極 10 a, 10 b と、半導体基板 1 に支持され、可動電極 10 a, 10 b と対向しつつ当該可動電極 10 a, 10 b との間で一方は所定の狭い間隔である狭小部を、他方は所定の広い間隔である広域部を形成する固定電極 15 a, 15 b とを備える容量式力学量センサにおいて、広域部を形成する両電極 10 a, 10 b, 15 a, 15 b の対向面における電極面積を、狭小部を形成する両電極 10 a, 10 b, 15 a, 15 b の対向面の電極面積よりも小さくする。

その結果、第 1 検出部 19 と第 2 検出部 20 の静電容量の差を大きくすることができ、従来よりもセンサ感度を向上させることができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住 所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

氏 名 株式会社デンソー